

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4716680号
(P4716680)

(45) 発行日 平成23年7月6日(2011.7.6)

(24) 登録日 平成23年4月8日(2011.4.8)

(51) Int. Cl. F I
 H O 2 P 6 / 1 2 (2 0 0 6 . 0 1) H O 2 P 6 / 0 2 3 5 1 P
 H O 2 P 2 1 / 0 0 (2 0 0 6 . 0 1) H O 2 P 5 / 4 0 8 C
 H O 2 P 2 7 / 0 4 (2 0 0 6 . 0 1)

請求項の数 1 (全 8 頁)

| | | | |
|-----------|------------------------------|-----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2004-191383 (P2004-191383) | (73) 特許権者 | 000003115 東洋電機製造株式会社 東京都中央区京橋2丁目9番2号 |
| (22) 出願日 | 平成16年6月29日(2004.6.29) | (72) 発明者 | 萩原 茂教 神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目8番 東洋電機製造株式会社横浜製作所内 |
| (65) 公開番号 | 特開2006-14554 (P2006-14554A) | (72) 発明者 | 大森 洋一 神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目8番 東洋電機製造株式会社横浜製作所内 |
| (43) 公開日 | 平成18年1月12日(2006.1.12) | (72) 発明者 | 北条 善久 神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目8番 東洋電機製造株式会社横浜製作所内 |
| 審査請求日 | 平成19年5月23日(2007.5.23) | 審査官 | 天坂 康種 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石型同期電動機の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

永久磁石型同期電動機の回転子の永久磁石の磁束と前記永久磁石型同期電動機の回転子の位置と前記永久磁石型同期電動機の入力電流とから前記永久磁石型同期電動機の磁束ベクトルを演算する磁束演算器と、前記永久磁石型同期電動機の入力電流と入力電圧に基づいて前記永久磁石型同期電動機の磁束ベクトルを演算する実磁束演算器とを具備し前記永久磁石型同期電動機の出トルクや回転速度をそれらの指令値に追従させる永久磁石型同期電動機の制御装置において、

前記磁束演算器の出力の磁束ベクトルと前記実磁束演算器の出力の磁束ベクトルとの位相差が所定値を超えた場合、または前記磁束演算器の出力の磁束ベクトルの大きさと前記実磁束演算器の出力の磁束ベクトルの大きさとの差が所定値を超えた場合、または前記磁束演算器の出力の磁束ベクトルと前記実磁束演算器の出力の磁束ベクトルとの差のベクトルの大きさが所定値を超えた場合に前記永久磁石型同期電動機の回転子の永久磁石の異常を知らせる磁石故障検知器を具備することを特徴とする永久磁石型同期電動機の制御装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、永久磁石型同期電動機の制御装置において、永久磁石の減磁の不可逆変化や割れなどの異常を検知する方法に関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

永久磁石型同期電動機の永久磁石の温度を推定する技術の一例のブロック線図を図6に示し、この図に基づいて説明する。

同図において、電力変換器6は、永久磁石型同期電動機1に電力を供給する。位置検出器2は永久磁石型同期電動機1の回転子の永久磁石の位置を検出する。速度検出器3は永久磁石型同期電動機1の回転子の回転角周波数を検出する。電流検出器4は永久磁石型同期電動機1の入力電流を検出する。電圧検出器5は永久磁石型同期電動機1の入力電圧を検出する。

【0003】

回転座標変換器8は入力電流を入力して回転子の永久磁石の位置で回転するd-q座標成分である i_d 、 i_q を求める。回転座標変換器9は入力電圧を入力して回転子の永久磁石の位置で回転するd-q座標成分である v_d 、 v_q を求める。

【0004】

電流指令生成器7はトルク指令 T^* を入力し、永久磁石型同期電動機1がトルク指令通りのトルクを出力するようなd-q座標の各成分電流指令 i_d^* 、 i_q^* を求めて出力する。減算器11と減算器12とで各電流成分の誤差を求めて、電流制御器7において各電流成分 i_d 、 i_q がそれらの指令 i_d^* 、 i_q^* に追従するような制御信号を電力変換器6に出力する。

【0005】

誘起電圧推定器13はd軸電流 i_d とq軸電圧 v_q と回転角周波数とを入力して永久磁石型同期電動機1の誘起電圧を求める。温度推定器14は永久磁石型同期電動機1の誘起電圧に対する永久磁石型同期電動機1の回転子の永久磁石の温度のテーブルを参照して磁石の温度を求める。異常判定器15は永久磁石の温度に基づいて永久磁石が減磁したことを検出する。

【0006】

次に、上述した構成で永久磁石型同期電動機1の回転子の永久磁石の温度を求めることができる理由について説明する。

まず、永久磁石型同期電動機1の電圧方程式は以下の通りである。

【0007】

【数1】

$$\begin{bmatrix} v_d \\ v_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + pL_d & -\omega L_q \\ \omega L_d & R + pL_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \omega \begin{bmatrix} 0 \\ \phi \end{bmatrix} \quad \dots (1)$$

【0008】

ここで、 L_d 、 L_q はd、q軸インダクタンス、 R は電機子巻線抵抗、 ϕ は永久磁石の磁束、 p は微分演算子である。(1)式の v_q 式に永久磁石型同期電動機1の誘起電圧項が含まれている。(1)式の v_q を、 R の項を無視した定常状態で表すと、

【0009】

【数2】

$$v_q = \omega L_d i_d + \omega \phi \quad \dots (2)$$

【0010】

となり、誘起電圧について求めると以下となる。

【0011】

10

20

30

40

【数 3】

$$\omega\phi = v_q - \omega L_d i_d \cdot \cdot \cdot (3)$$

【0012】

永久磁石の磁束は永久磁石温度と相関関係があるため、永久磁石型同期電動機の誘起電圧が分かれば磁石温度を求めることができる。(例えば、特許文献1参照。)

【特許文献1】特開2002-10697号公報

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

永久磁石の温度を求めるために、温度推定器14で永久磁石型同期電動機1の誘起電圧からテーブルを参照している。よって、テーブルを記憶しておくメモリが必要となり、複数の永久磁石型同期電動機に適用するには記憶容量が増加する問題がある。

【課題を解決するための手段】

【0016】

上記問題点を解決するために、本発明は、永久磁石型同期電動機の回転子の永久磁石の磁束と前記永久磁石型同期電動機の回転子の位置と前記永久磁石型同期電動機の入力電流とから前記永久磁石型同期電動機の磁束ベクトルを演算する磁束演算器と、前記永久磁石型同期電動機の入力電流と入力電圧に基づいて前記永久磁石型同期電動機の磁束ベクトルを演算する実磁束演算器とを具備し前記永久磁石型同期電動機の実出力トルクや回転速度をそれらの指令値に追従させる永久磁石型同期電動機の制御装置において、前記磁束演算器の出力の磁束ベクトルと前記実磁束演算器の出力の磁束ベクトルとの位相差が所定値を超えた場合、または前記磁束演算器の出力の磁束ベクトルの大きさと前記実磁束演算器の出力の磁束ベクトルの大きさととの差が所定値を超えた場合、または前記磁束演算器の出力の磁束ベクトルと前記実磁束演算器の出力の磁束ベクトルとの差のベクトルの大きさが所定値を超えた場合に前記永久磁石型同期電動機の回転子の永久磁石の異常を知らせる磁石故障検知器を具備することを特徴とする。

20

30

【発明の効果】

【0017】

永久磁石型同期電動機の回転子の永久磁石が減磁する等の異常が生じた場合、永久磁石の磁束が減少するため、永久磁石型同期電動機はトルク指令 T^* より少ないトルクしか出力できないことになる。すると、トルク指令 T^* に追従させようと、電流指令 i_d^* 、 i_q^* が増加して永久磁石型同期電動機の入力電流が大きくなり、永久磁石が脱磁したり電機子巻線が焼き切れるなどの影響が出てくる。

本発明は、特別な部品を追加することなく永久磁石型同期電動機の実出力や出力トルク等を計算するソフトウェア上での追加だけで実現が可能であり、更に永久磁石型同期電動機に応じた永久磁石の温度テーブルを必要としないので記憶メモリ縮小の効果がある。

40

また、永久磁石が脱磁する温度を超えない温度で永久磁石の異常を検知することにより、永久磁石の温度上昇による脱磁を防ぐことが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

永久磁石型同期電動機の回転子の永久磁石の異常を検知する目的を、最小の部品点数で実現した。

【実施例1】

【0019】

図1は、本発明の1実施例のブロック線図であって、図6の回転座標変換器9と誘起電圧推定器13と温度推定器14と異常判定器15とを除き、図6にトルク演算器16と出

50

力演算器 17 と実出力演算器 18 と磁石故障検知器 19 とが新たに装備されている。

【0020】

トルク演算器 16 は、永久磁石の磁束 と入力電流と位置検出器 2 出力の位置 より永久磁石型同期電動機 1 の出力トルクを演算する。よって、永久磁石が減磁すると永久磁石の磁束 よりも実際の永久磁石の磁束が減少し、トルク演算器 16 の出力は間違った値となる。出力演算器 17 は、トルク演算器 16 の出力のトルク T_c と速度検出器 3 の出力の回転子の角周波数 との積により永久磁石型同期電動機 1 の出力電力を求め、 P_c として出力する。実出力演算器 18 は、入力電流と入力電圧とから入力電力を求め、それから永久磁石型同期電動機 1 の内部で消費される損失分を引くことによって永久磁石型同期電動機 1 出力電力を求め、 P_r として出力する。

10

【0021】

磁石故障検知器 19 は、出力演算器 17 の出力 P_c と実出力演算器 18 の出力 P_r との差が所定値を超えると永久磁石型同期電動機 1 の回転子の永久磁石の異常を表す信号 S_f を出力する。永久磁石が正常であるならば、トルク演算器 16 の出力 T_c が正確であり、よって出力演算器 17 の出力 P_c も P_r と一致するはずである。しかし、もし永久磁石が減磁したり割れたりすると、トルク演算器 16 の出力 T_c が異常値となり、よって出力演算器 17 の出力 P_c は P_r と一致しなくなる。つまり P_c と P_r との違いによって磁石故障検知器 19 の故障が検知可能となる。磁石故障検知器 19 の出力 S_f により、運転停止などの処置を行うことで、永久磁石型同期電動機 1 の永久磁石の脱磁や電機子巻線が焼き切れるなどの二次災害を早急に避けることが可能となる。

20

【実施例 2】

【0022】

図 2 は、本発明の 2 実施例のブロック線図であって、図 1 の出力演算器 17 の入力であるトルク演算器 16 の出力 T_c の代わりにトルク指令 T^* を用いるような構成にしたものである。永久磁石の異常で永久磁石型同期電動機 1 の出力トルクがトルク指令 T^* とならなくなるので、図 2 の P_c と P_r は一致しなくなり、図 1 の場合と同様に磁石故障検知器 19 により永久磁石の異常が検知可能となる。

【実施例 3】

【0023】

図 3 は、本発明の 3 実施例のブロック線図であって、図 1 の速度検出器 3 と出力演算器 17 と実出力演算器 18 とを除き、実トルク演算器 20 と図 1 の磁石故障検知器 19 の入力である出力演算器 17 の出力 P_c と実出力演算器 18 の出力 P_r との代わりにトルク演算器 16 の出力 T_c と実トルク演算器 20 の出力 T_r とを用いるような構成とした磁石故障検知器 21 とが新たに装備されている。

30

【0024】

実トルク演算器 20 は、入力電流と入力電圧とから永久磁石型同期電動機 1 の出力トルク T_r を演算する。例えば、入力電圧から永久磁石型同期電動機 1 の電機子巻線抵抗 R による電圧降下分を引いたものを時間積分することで永久磁石型同期電動機 1 の一次鎖交磁束ベクトルを求め、それと入力電流をベクトルに変換した入力電流ベクトルとの外積演算でトルクが演算される。この演算には、永久磁石の磁束 を用いていないので、永久磁石の異常が生じてても実トルク演算器 20 の出力の T_r は正確な値となる。

40

【0025】

上述したように、トルク演算器 16 の出力 T_c は永久磁石の磁束 を用いているため、永久磁石に異常が生じた場合は永久磁石型同期電動機 1 の出力トルクと一致しなくなる。よって、磁石故障検知器 21 において、 T_c と T_r との差が所定値を超えているかどうかで、永久磁石が異常を生じているかを判断可能となり、それを表す信号 S_f を出力する。

【実施例 4】

【0026】

図 4 は、本発明の 4 実施例のブロック線図であって、図 3 の磁石故障検知器 21 の入力であるトルク演算器 16 の出力の T_c の代わりにトルク指令 T^* を用いるような構成にし

50

たものである。永久磁石の異常で永久磁石型同期電動機 1 の出力トルクがトルク指令 T^* とならなくなるので、図 4 の T^* と T_r は一致しなくなり、図 3 の場合と同様に磁石故障検知器 2 1 により永久磁石の異常が検知可能となる。

【実施例 5】

【0027】

図 5 は、本発明の 5 実施例のブロック線図であって、図 3 のトルク演算器 1 6 と実トルク演算器 2 0 とを除き、磁束演算器 2 2 と実磁束演算器 2 3 と図 3 の磁石故障検知器 2 1 の入力であるトルク演算器 1 6 の出力 T_c と実トルク演算器 2 0 の出力 T_r との代わりに磁束演算器 2 2 の出力 f_c と実磁束演算器 2 3 の出力 f_r とを用いるような構成とした磁石故障検知器 2 4 とが新たに装備されている。

10

【0028】

磁束演算器 2 2 は、永久磁石型同期電動機 1 の回転子の永久磁石の磁束 と入力電流と位置 とにより永久磁石型同期電動機 1 の一次鎖交磁束ベクトルを演算し、 f_c として出力する。実磁束演算器 2 3 は、入力電圧から永久磁石型同期電動機 1 の電機子巻線抵抗 R の電圧降下分を引いたものを時間積分することで永久磁石型同期電動機 1 の一次鎖交磁束ベクトルを求め、 f_r として出力する。

【0029】

f_r は永久磁石の磁束 に依存しないが、 f_c は永久磁石の磁束 に依存する。よって、永久磁石の異常で f_c と f_r とに位相差や大きさの差が生じたり、 f_c と f_r との差のベクトルが生じる。従って、磁石故障検知器 2 4 において、その位相差または大きさの差またはベクトルの差の大きさが所定値を超えているかどうかで永久磁石の異常を検知可能となり、それを表す信号 S_f が出力できる。

20

【0030】

上記実施例 1 から 5 において、入力電圧と位置 と回転角周波数とは検出値を用いたが、それぞれ推定値を用いても同様な効果を得ることが可能である。

【産業上の利用可能性】

【0031】

本発明により、新たな部品を追加することなく、永久磁石の異常が検出でき、二次災害を未然に防ぐことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

30

【0032】

【図 1】本発明の実施例を示したブロック線図である（実施例 1）。

【図 2】本発明の実施例を示したブロック線図である（実施例 2）。

【図 3】本発明の実施例を示したブロック線図である（実施例 3）。

【図 4】本発明の実施例を示したブロック線図である（実施例 4）。

【図 5】本発明の実施例を示したブロック線図である（実施例 5）。

【図 6】従来の実施例を示したブロック線図である。

【符号の説明】

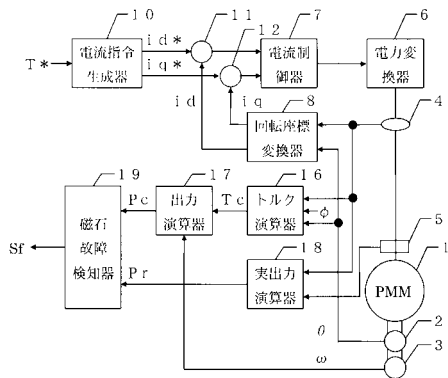
【0033】

| | | |
|-------|------------|----|
| 1 | 永久磁石型同期電動機 | 40 |
| 2 | 位置検出器 | |
| 3 | 速度検出器 | |
| 4 | 電流検出器 | |
| 5 | 電圧検出器 | |
| 6 | 電力変換器 | |
| 7 | 電流制御器 | |
| 8、9 | 回転座標変換器 | |
| 10 | 電流指令生成器 | |
| 11、12 | 減算器 | |
| 13 | 誘起電圧推定器 | 50 |

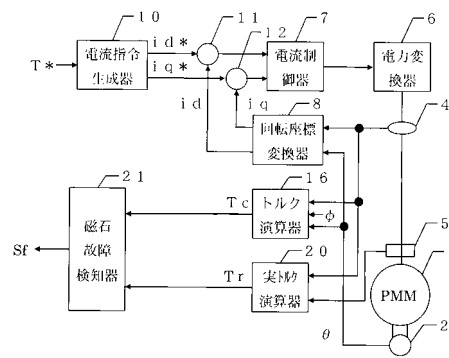
50

- 1 4 温度推定器
- 1 5 異常判定器
- 1 6 トルク演算器
- 1 7 出力演算器
- 1 8 実出力演算器
- 1 9、2 1、2 4 磁石故障検知器
- 2 0 実トルク演算器
- 2 2 磁束演算器
- 2 3 実磁束演算器

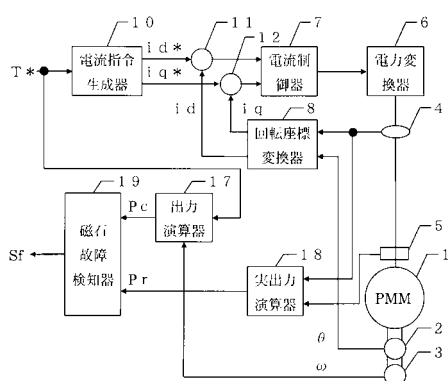
【図1】



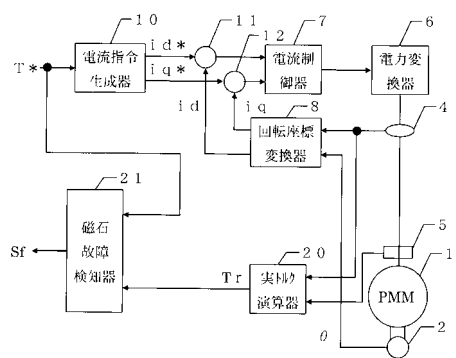
【図3】



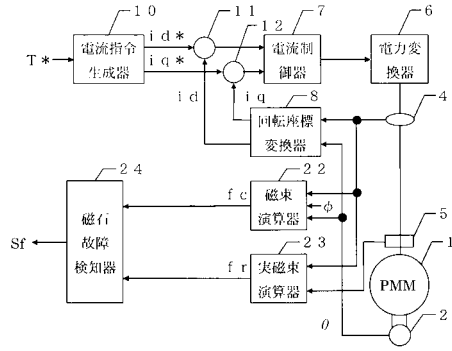
【図2】



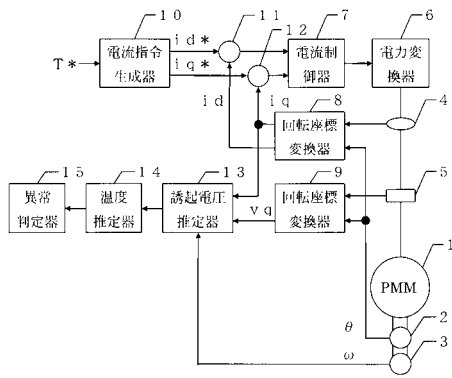
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-153098(JP,A)
特開2000-324881(JP,A)
特開2002-315379(JP,A)
特開平11-018210(JP,A)
特開2001-298992(JP,A)
特開2001-309679(JP,A)
特開2002-10697(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02P 6/12
H02P 21/00
H02P 27/04